

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Martin KLEEN and Rainer KUTH
Application No.: NEW APPLICATION
Filing Date: April 22, 2004
Title: IMAGING METHOD FOR A CAPSULE-TYPE
ENDOSCOPIC UNIT

PRIORITY LETTER

MAIL STOP PATENT APPLICATION

April 22, 2004

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sirs:

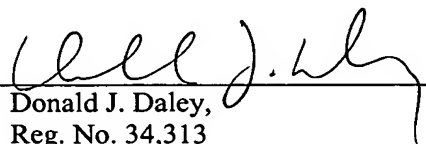
Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. 119, enclosed is a certified copy of the following priority documents.

<u>Application No.</u>	<u>Date Filed</u>	<u>Country</u>
103 18 205.5	April 22, 2003	GERMANY

In support of Applicants' priority claim, please enter this document into the file.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKEY, & PIERCE, P.L.C.

By 
Donald J. Daley,
Reg. No. 34,313
P.O. Box 8910
Reston, Virginia 20195
(703) 668-8000

DJD/tsh
Enclosure: Certified Copy of Priority Document.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 18 205.5

Anmeldetag: 22. April 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung: Bildgebungsverfahren für ein kapselförmiges
Endoskopiegerät

IPC: G 06 T 17/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Remus

Bildgebungsverfahren für ein kapselförmiges Endoskopiegerät

Die Erfindung betrifft ein computerbasiertes 3D-Bildgebungs-
verfahren für ein mit einer Videokamera ausgestattetes draht-
loses Endoskopiegerät von der Größe einer vom Patienten
schluckbaren Kapsel sowie eine medizintechnische Apparatur
zur dreidimensionalen Darstellung von Körperhöhlen des Pati-
enten, die beispielsweise im Bereich der nicht-invasiven
gastroenterologischen Endoskopie eingesetzt werden kann.

Ein neuartiges Verfahren zur Diagnose von Erkrankungen des
Gastrointestinaltrakts, insbesondere in den oberen Abschnit-
ten des Dünndarms (Jejunum), welche eine patientenfreundli-
che, schmerzfreie Untersuchung des gesamten Dünndarmbereiches
ohne Strahlenbelastung ermöglicht, ist die Kapselendoskopie.
Diese Untersuchungsmethode hat den Vorteil, dass Areale in-
spiziert werden können, in denen herkömmliche radiologische
und endoskopische Verfahren nur unzureichende Diagnose-Ergeb-
nisse erzielen.

Der Patient schluckt dabei eine mit einer Miniatur-Farbvideo-
kamera ausgestattete Kapsel, die endoskopische Bilder aus dem
Dünndarm liefert und eine schmerzfreie, nicht-invasive Dia-
gnostik ermöglicht. Wenn lediglich eine koloskopische Unter-
suchung des Dickdarms einschließlich des terminalen Ileums
durchgeführt werden soll, ist auch eine rektale Einführung
der Kapsel denkbar.

Die Untersuchung beginnt dabei nach einer Nahrungskarenz und
kann ambulant durchgeführt werden. Nach Aktivierung und Ein-
nahme der Videokapsel kann der Patient seinen gewohnten Ta-
gesaktivitäten ohne Beschwerden nachkommen, ohne dass er die
etwa achtstündige Passage der Kapsel durch den Magen-Darm-
Trakts wahrnimmt. Nachdem die Kapsel durchschnittlich ca. 80

Minuten im Magen verweilt hat, benötigt sie für die Dünndarm-passage im Mittel ca. 90 Minuten.

- Ein derartiges Kapselendoskop sowie ein diagnostisches System zur Visualisierung der gesamten Dünndarmmukosa wird von der israelischen Firma Given Imaging Ltd. produziert und unter der Bezeichnung „M2A® Imaging-Kapsel“ vertrieben. Die M2A® Imaging-Kapsel besteht aus einer Miniatur-Farbvideokamera, einer Lichtquelle, einem Miniatursender und einer Antenne. Das Gehäuse der Kapsel ist aus versiegeltem biokompatiblen Spezialmaterial hergestellt, das gegen im Magen-Darm-Trakt auftretende Verdauungssekrete resistent ist. Die M2A® Imaging-Kapsel wird vom Patienten geschluckt und aufgrund der peristaltischen Bewegung der Magen-Darm-Muskulatur durch den Verdauungstrakt befördert. Die Videokapsel ist 11 x 26 mm groß, hat ein Gesichtsfeld von etwa 140° und wiegt etwa vier Gramm. Mit ihrer Hilfe können Läsionen mit einer Größe von weniger als 0,1 mm entdeckt werden. Während eines normalen (achtstündigen) Untersuchungsverfahrens erzeugt die Kapsel ungefähr 57.000 Bilder bei einer Rate von zwei Bildern pro Sekunde. Nach Beendigung der Passage durch den Verdauungstrakt erfolgt die Ausscheidung der Kapsel auf natürlichem Weg.
- Bei der Passage des Dünndarms nimmt die Farbvideokamera Bildsequenzen auf, die in Form von Ultrakurzwellen zu einem außerhalb des Körpers befindlichen drahtlosen Empfangsgerät, welches der Patient an einem Gürtel um die Hüfte trägt, gesendet und nach erfolgter Demodulation, Tiefpassfilterung und Analog-Digital-Wandlung in einem Datenrekorder gespeichert werden. Der bequem zu tragende Gürtel mit dem Empfangsgerät ermöglicht es dem Patienten, während der Magen-Darm-Untersuchung seinen üblichen Tagesaktivitäten weitreichend nachzugehen. Neben dem Bildsignal kann die Kapsel auch ein Ortungssignal bezüglich ihrer aktuellen Position abgeben. Denn sie

enthält Metallteile, die von acht auf der Bauchhaut des Patienten aufgebrachten Metalldetektoren lokalisiert werden. Damit ist eine Zuordnung der Bilder zum jeweiligen Darmabschnitt möglich. Eine Computer-Workstation, auf der die von
5 Given Imaging entwickelte Software RAPID™ („Reporting and Processing of Images and Data“) installiert ist, verarbeitet die Daten und stellt einen Videofilm des Dünndarms sowie relevante Zusatzinformation des Verdauungstrakts zusammen. Der befundende Arzt hat die Möglichkeit, diesen Videofilm in
10 Echtzeit anzusehen, die Lage der M2A® Imaging-Kapsel bei ihrer Passage durch den Magen-Darm-Trakt zu verfolgen sowie einzelne Bilder im „Freeze“-Modus genau zu begutachten, zu bearbeiten und zu archivieren. Mit Hilfe der auf diese Weise erhaltenen visuellen Informationen kann der Gastroenterologe
15 dann etwaige Pathologien des Dünndarms feststellen.

Neben der Anwendung der Kapselendoskopie im Bereich des Gastrointestinaltrakts sind heute zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten in der Planung. Dabei geht es allgemein um die
20 endoskopische Untersuchung von Hohlräumen im Körperinneren, in denen die Bewegung der Videokapsel nicht durch das Vorhandensein von Bindegewebe verhindert wird. Dazu gehört z.B. die endovaskuläre Untersuchung der zerebralen Blutgefäße, die endoskopische Untersuchung des Bronchialtrakts (Bronchoskopie)
25 sowie die minimal-invasive endoskopische Untersuchung der Bauchhöhle und der Bauch- und Beckenorgane (Laparoskopie). Wenn im folgenden die Erfindung mit Bezug auf den Gastrointestinaltrakt beschrieben wird, so ist zu verstehen, dass sich die Erfindung allgemein auf die Endoskopie von Körperhöhlräumen
30 bezieht.

In WO 01/065995 A3 wird ein System und ein zugehöriges Verfahren zur Verschaffung von Bildern aus dem Körperinneren eines zu untersuchenden Patienten vorgestellt. Das System beinhaltet ein Bildgebungssystem und einen HF-Sender niedriger
35

Sendeleistung zur Übertragung von Videosignalen einer CMOS-Videokamera zu einem Empfangssystem, welches sich außerhalb des Körpers befindet. Das Bildgebungssystem umfasst mindestens eine CMOS-Videokamera, mindestens eine Lichtquelle zur
5 Beleuchtung einer Stelle im Körperinneren sowie ein optisches Linsensystem zur Bündelung der von der zu untersuchenden Stelle reflektierten Lichtstrahlen.

Aus WO 02/054932 A2 ist ein System sowie ein Verfahren zur
10 Weitwinkelaufnahme von Hohlräumen zu untersuchender Innenorgane eines Patienten bekannt. Das System umfasst mindestens einen Bildsensor, Lichtquellen und ein optisches Linsensystem zur Aufnahme von Bildsequenzen aus dem Körperinneren. Das System kann in ein medizintechnisches Gerät integriert oder
15 an diesem angebracht sein, das zur Einführung in Hohlräume im Körperinneren des Patienten dient. Dies kann beispielsweise ein Vorschubendoskop, eine Injektionsnadel oder auch eine vom Patienten schluckbare Videokapsel sein.

20 Die in WO 02/095351 A2 beschriebene Erfindung bezieht sich auf einen schwimmfähigen, kapselförmigen Bildsensor zur Untersuchung flüssigkeitsgefüllter Hohlräume von Organen im Körperinneren eines Patienten, der das spezifische Gewicht von Wasser besitzt oder ein anderes Volumen-Masse-Verhältnis,
25 welches ihn in die Lage versetzt zu schwimmen. In einem Ausführungsbeispiel dieser Erfindung besteht der Bildsensor aus einem Bildgebungssystem, das in ein schwimmfähiges Gehäuse eingebaut ist.

30 Ein diagnostisches Gerät, System und Verfahren zur Verschaffung von Bildern aus Hohlräumen von Organen im Körperinneren eines Patienten, wie z.B. dem Gastrointestinaltrakt, wird in WO 03/010967 A1 offenbart. Bei dem Gerät handelt sich um eine schwimmfähige Kapsel, welche einen Bildsensor, einen Mikro-
35 prozessor und eine Lichtquelle zur Ausleuchtung eines Hohl-

raums im Körperinneren enthält. Darüber hinaus beinhaltet das Gerät ein optisches System bestehend aus einer Anzahl von Filtern und Sammellinsen zur Fokussierung des von den Hohlraumwänden reflektierten Lichts. Die von dem Bildsensor aufgenommenen Bilddaten werden digitalisiert, komprimiert und von einem integrierten HF-Sender zu einem HF-Empfänger gesendet, welcher sich außerhalb des Körpers befindet und vorzugsweise an einem Gürtel um den Bauch des Patienten getragen wird. Die empfangenen Bilddaten werden in einem internen Speicherbaustein des HF-Empfängers gespeichert. In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Empfangsgerät an eine Workstation angeschlossen werden, die zur Dekomprimierung und Aufbereitung des Datenstroms zwecks Visualisierung der aufgenommenen Bilder dient.

Der Nachteil der vorstehend beschriebenen Kapselendoskope besteht in den ungenauen Untersuchungsergebnissen, da die Videokapsel nicht gesteuert werden kann und bestimmte Bereiche im Körperinneren zu schnell passiert oder sie gar nicht erst aufnimmt. Außerdem ist keine ununterbrochene Bildübertragung aus dem Körperinneren möglich.

AUFGABE DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

Ausgehend von dem oben genannten Stand der Technik, ist die vorliegende Erfindung der Aufgabe gewidmet, ein diagnostisches Bildgebungsgerät sowie ein Bildgewinnungs- und -verarbeitungsverfahren bereitzustellen, mit deren Hilfe eine verbesserte dreidimensionale Gesamtdarstellung von Körperhöhlen erzeugt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Ausführungsbeispiele, die den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhaft-

ter Weise weiterbilden, sind in den abhängigen Unteransprüchen angegeben.

ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

5

Die vorliegende Erfindung offenbart, entsprechend der im vorangehenden Abschnitt definierten Aufgabe, ein computerbasiertes medizinisches 3D-Bildgebungsverfahren für ein mit einer Videokamera ausgestattetes drahtloses Endoskopiegerät in Form einer Kapsel sowie eine medizintechnische Apparatur zur dreidimensionalen Darstellung bspw. von Körperhöhlen. Die hierbei verwendeten bildgebenden Systemkomponenten sind beispielsweise für einen Einsatz im Bereich der nicht-invasiven gastroenterologischen Endoskopie zur Diagnostik von Krankheitssymptomen und/oder Läsionen im Bereich des menschlichen Gastrointestinaltrakts geeignet. Darüber hinaus ermöglicht die Erfindung auch die automatische Erstellung eines Befundberichts sowie eine digitale Befund- und Bilddatenarchivierung.

20 KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen sowie aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung, die in den nachstehend aufgeführten Zeichnungen abgebildet sind. Hierbei zeigt

Fig. 1 eine Seitenansicht einer medizintechnischen Apparatur zur Aufnahme und Auswertung von HF-Signalen eines kapselförmigen Endoskopiegeräts nach einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Draufsicht des als bildgebende Systemkomponente verwendeten, mit einer Miniatur-Videokamera aus-

gestatteten kapselförmigen Endoskopiegeräts nach einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

5 Fig. 3 eine Schnittbild-Darstellung eines Ausschnitts des menschlichen Gastrointestinaltrakts bei Durchführung einer endoskopischen Untersuchung mit Hilfe eines kapselförmigen Endoskopiegeräts, und

10 Fig. 4 ein Schaubild zur Veranschaulichung des computergestützten Bildaufarbeitungsprozesses zur Erzeugung einer dreidimensionalen Darstellung der Oberflächen von Gewebestrukturen ausgehend von der vom kapselförmigen Endoskopiegerät gelieferten Bildsequenz.

15 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Im Folgenden wird zunächst auf das erfindungsgemäße Bildgebungsverfahren, wie in Fig. 3 und 4 abgebildet, näher eingegangen. Anschließend werden die Funktionen der in Fig. 1 und 20 2 abgebildeten Systemkomponenten erläutert. Die Bedeutung der mit Bezugszeichen versehenen Zeichnungselemente in Fig. 1 bis 4 kann der beigefügten Bezugszeichenliste entnommen werden.

25 Ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung betrifft ein computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren für ein mit einer Miniatur-Farbvideokamera 204 ausgestattetes drahtloses, kapselförmiges Endoskopiegerät 200 zur Verwendung beispielsweise im Bereich des Gastrointestinaltrakts eines Patienten. In diesem Fall ist die Kapsel derart dimensioniert, 30 dass sie vom Patienten schluckbar ist.

Im Falle der Anwendung der Erfindung im Bereich von Blutgefäßen ist die Kapsel entsprechend kleiner dimensioniert.

Das Farbspektrum der Kamera kann dabei auch den infraroten und/oder ultravioletten Spektralbereich mitumfassen. Während eines durch peristaltische Bewegungen von Speiseröhre, Magen und Darm bewirkten (passiven) Transports des Kapselendoskops 5 200 beispielsweise durch den Gastrointestinaltrakt nimmt die Videokamera 204 eine Sequenz von Einzelbildern auf (S1) und überträgt (S2) die üblicherweise analogen Bilddaten in Form von elektromagnetischen HF-Signalen zu einer außerhalb des Körpers befindlichen Empfangs- und Auswerteeinrichtung, welche aus den Empfangsgeräten 103 und 108 sowie dem Hostcomputer 106 besteht. Die empfangenen Einzelbilder des von dem kapselförmigen Endoskopiegerät 200 gesendeten analogen Videostreams werden dort mit einer dem realen Bildupdate entsprechenden Framerate oder einer im Wesentlichen konstanten Bildwiederholrate digitalisiert (S3) (falls sie nicht bereits digital 15 gesendet wurden) und archiviert (S4) und können danach grafisch dargestellt werden (S5).

Dabei wird ein Mustererkennungsalgorithmus (S6) zur Identifizierung im Wesentlichen übereinstimmender, d.h. beispielsweise einen vorgegebenen Schwellenwert für die Übereinstimmung überschreitender Merkmale chronologisch aufeinanderfolgender Einzelbilder der aufgenommenen Bildsequenz ausgeführt. Zur Erzeugung einer (pseudo-)dreidimensionalen Darstellung der 25 Oberflächen zu untersuchender Gewebestrukturen werden durch den Hostrechner 106 Einzelbilder, welche räumlich zusammenhängende Strukturen zeigen, durch Zurdeckungbringung gemeinsamer Bildmerkmale im Rahmen eines Bildaufarbeitungsprozesses (S7) konkateniert.

30

Die digitalen Bilddaten für das vom Hostrechner 106 in dieser Weise berechnete 3D-Modell, welches im Falle des Darms im Wesentlichen durch ein gebogenes Rohr vereinfacht darstellbar

ist, werden dann in einem Datenspeicher zur späteren Visualisierung abgelegt.

Bei der Konkatenation zweier zusammenhängender Einzelbilder mit den Nummern m und n wird dabei erfindungsgemäß die von dem kapselförmigen Endoskopiegerät 200 zurückgelegte und mit einem Gewichtungsfaktor beaufschlagte Wegdifferenz

$$\Delta \underline{x}_{m,n} = \underline{x}_n - \underline{x}_m \in \mathbb{R}^3 \text{ (in mm)}$$

10

zwischen den momentanen Aufnahmepositionen \underline{x}_m und \underline{x}_n des Geräts zur Aufnahme der beiden Einzelbilder verwendet. Diese Aufnahmepositionen können dabei entweder durch Auswertung von Röntgenbildern, in denen das kapselförmige Endoskopiegerät 200 zu erkennen ist, oder durch Auswertung der Signallaufzeiten T_m und T_n der drahtlosen Bilddatenübertragung (S2) von der Videokapsel 200 zu den Empfangsgeräten 103 bzw. 108 ermittelt werden.

Eine Schnittbild-Darstellung eines Ausschnitts des durch das Endoskopiegerät aufgenommenen Bereichs, das die einzelnen Phasen der Bewegung des kapselförmigen Endoskopiegeräts 200 beispielsweise durch den Dünndarm eines Patienten bei Durchführung einer endoskopischen Untersuchung zur Erzeugung einer kontinuierlichen Bildsequenz zeigt, ist in Fig. 3 dargestellt.

Fig. 4 veranschaulicht den computergestützten Bildaufarbeitungsprozess zur Erzeugung einer (pseudo-)dreidimensionalen Darstellung der vom Kapselendoskop 200 aufgenommenen Bildsequenzen, die beispielsweise die Oberflächen von Gewebestrukturen der Schleimhäute an den Innenwänden des Dünndarms zeigen.

Zusammen mit den Bilddaten jedes i -ten Einzelbildes (i ist dabei eine ganze Zahl größer oder gleich eins) der aufgenommenen Bildsequenz werden erfindungsgemäß bei jeder i -ten Aufnahme die beispielsweise kartesischen Ortskoordinaten

5 (x_i, y_i, z_i) des kapselförmigen Endoskopiegeräts 200 an eines der Empfangsgeräte 103 bzw. 108 gesendet und in einem Datenrekorder in digitaler Form archiviert.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung bezieht sich
10 auf eine Weitergestaltung dieses Verfahrens zur automatischen Erstellung (S10) und Archivierung (S11) eines Befundberichts. Dazu wird ein Mustererkennungsalgorithmus durchgeführt, bei dem zunächst die Abstandsquadrate

$$15 \quad d_{ij}^2 = d^2(\underline{x}_{Mi}, \underline{x}_{Rj})$$

für $0 \leq i \leq I-1, 0 \leq j \leq J-1$

zwischen den in Form N -dimensionaler Merkmalsvektoren \underline{x}_{Mi} gespeicherten Bildparametern aufgenommener Einzelbilder mit den
20 in Form N -dimensionaler Referenzvektoren \underline{x}_{Rj} gespeicherten Bildparametern von Bildern krankhafter Gewebestrukturen aus einer Referenzbilddatenbank berechnet werden (S8). Dies erfolgt durch Berechnung des Quadrats der Euklidischen Länge $\|\Delta \underline{x}_{ij}\|_2$ ihrer Differenzvektoren $\Delta \underline{x}_{ij}$:

$$25 \quad d_{ij}^2 = d^2(\underline{x}_{Mi}, \underline{x}_{Rj}) = \|\Delta \underline{x}_{ij}\|_2^2 = \Delta \underline{x}_{ij}^T \Delta \underline{x}_{ij} = \sum_{n=0}^{N-1} \Delta x_{ij,n}^2 \quad \forall i, j$$

mit $\Delta \underline{x}_{ij} = \underline{x}_{Mi} - \underline{x}_{Rj} \in \mathbb{R}^N$

Im Anschluss daran werden die Referenzvektoren \underline{x}_{Rj} derjenigen
30 Referenzbilder ermittelt (S9), deren Abstandsquadrate d_{ij}^2 zu den jeweiligen Merkmalsvektoren \underline{x}_{Mi} der zu untersuchenden Einzelbilder minimal sind. Die diesen Referenzvektoren \underline{x}_{Rj}

zugeordneten Befunddaten werden dann aus der Referenzbilddatenbank ausgelesen.

5 Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die Position und die Orientierung (beispielsweise die Momentanposition, der aktuelle Stellwinkel und/oder der Pfad) des kapselförmigen Endoskopiegeräts 200 während der Untersuchung drahtlos erfasst und in die über eine Anzeigeeinrichtung 107 visualisierte (pseudo-)dreidimensionale Darstellung des Gastrointestinaltrakts eingeblendet.

10 Nach Abschluss der mit Hilfe des Kapselendoskops 200 durchgeführten gastroenterologischen Endoskopie besteht die Möglichkeit, durch Navigation einer Positionsmarke in einem Kontrollfenster der auf einer Anzeigeeinrichtung 107 dargestellten Bedienoberfläche eines Computerprogramms durch Beeinflussung mindestens zweier Eingabeparameter unterschiedliche Kameraperspektiven zur Darstellung verschiedener räumlicher Ansichten beispielsweise von Gewebestrukturen im Inneren des
15 Gastrointestinaltrakts zu erzeugen. Bei diesen beiden Eingabeparametern handelt es sich beispielsweise um den Betrag der Vorschubbewegung in Bewegungsrichtung des kapselförmigen Endoskopiegeräts 200 sowie um den Betrag der Rotationsbewegung um eine in Bewegungsrichtung des Kapselendoskops 200 weisende Achse.
20
25

Die Erfindung erlaubt dabei eine räumliche, zeitliche sowie personelle Entkopplung der bei einer Endoskopie (beispielsweise Gastro- oder Koloskopie) zur Bildgenerierung notwendigen Arbeitsschritte, was in der Praxis von großer Bedeutung
30 ist: Ein Benutzer kann unabhängig von Ort und Zeit des Untersuchungsvorganges, der zur Aufzeichnung der Bilder führte, die Bildsequenzen betrachten. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass redundante Untersuchungen derselben Abschnitte des Gastrointestinaltrakts vermieden werden können. Schwierigkei-
35

ten bei der Akquisition der Bilder sind in der dreidimensionalen Bildrekonstruktion nicht mehr zu bemerken.

Das in Fig. 2 abgebildete zweite Ausführungsbeispiel der vor-
5 liegenden Erfindung bezieht sich auf ein drahtloses Endosko-
piegerät zur nicht-invasiven Bildgebung im Bereich des Gas-
trointestinaltrakts eines Patienten, wobei das Endoskopiege-
rät die Größe einer vom Patienten schluckbaren Kapsel 201
hat. Das Endoskopiegerät umfasst dabei eine integrierte Mini-
10 atur-Videokamera 204 zur Aufnahme (S1) einer Sequenz von Ein-
zelbildern sowie einen HF-Sender 205 zur drahtlosen Übertra-
gung (S2) von analogen oder digitalen Bilddaten in Form von
Ultrakurzwellen zu der außerhalb des Körpers befindlichen
Empfangs- und Auswerteeinrichtung, bestehend aus dem Emp-
15 fangsgerät 103 bzw. 108 und dem Hostrechner 106.

Das Kapselendoskop 200 verfügt erfindungsgemäß über einen in
die Kapsel integrierten Permanentmagneten 203, der nach Anle-
gen eines äußeren, örtlich veränderbaren Magnetfeldes \vec{B} zur
20 aktiv berührungslos gesteuerten Bewegung des kapselförmigen
Endoskopiegeräts 200 durch den zu untersuchenden Gas-
trointestinaltrakt des Patienten abhängig von dem externen
Magnetfeld dient.

25 In Fig. 1 ist ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegen-
den Erfindung abgebildet, welches sich auf eine medizintech-
nische Apparatur 100 zur Aufnahme und Auswertung von HF-Sig-
nalen, die von dem oben beschriebenen kapselförmigen Endosko-
piegerät 200 gesendet werden, sowie zur (pseudo-)dreidimen-
30 sionalen Darstellung der vom Kapselendoskop 200 aufgenommenen
Bilder bezieht. Die Apparatur 100 kann besonders vorteilhaft
im Rahmen einer nicht-invasiven gastroenterologischen Endo-
skopie im Bereich des menschlichen Gastrointestinaltrakts
verwendet werden. Die Apparatur umfasst ein außerhalb des
35 Körpers befindliches Empfangsgerät 103 bzw. 108 zum Empfang

der von dem kapselförmigen Endoskopiegerät 200 beispielsweise in Form von Ultrakurzwellen drahtlos gesendeten Bildsequenz. Darüber hinaus umfasst die Apparatur 100 eine Recheneinheit 106 zur Dekodierung der vom kapselförmigen Endoskopiegerät 200 gesendeten Bilddaten und Durchführung eines Bildaufbearbeitungsprozesses zur Erzeugung einer dreidimensionalen Darstellung der in den Bildern dargestellten Oberflächen.

Eine Magnetronde 102 mit Feldspulen zur Erzeugung eines stationären homogenen Magnetfeldes \vec{B}_0 , sowie je einer Gradientenspule mit zugehörigem Gradientenverstärker 109 für die drei kartesischen Raumkoordinaten x , y und z zur lokalen Magnetfeldänderung in $\pm x$ -, $\pm y$ - und/oder $\pm z$ -Richtung dienen zur berührungslosen aktiven Steuerung eines mit einem Permanentmagneten 203 ausgestatteten drahtlosen Endoskopiegeräts 200 beispielsweise durch den Gastrointestinaltrakt eines Patienten. Die Apparatur 100 beinhaltet weiterhin eine auf dem Oberkörper des Patienten verteilte Anordnung von Metallsensoren zur Ortung von Metallteilen des kapselförmigen Endoskopiegeräts 200 und einen Messwertaufnehmer mit Transponder 105 als Schnittstelle zwischen der Sensoranordnung 104 und der Recheneinheit 106. Eine mit der Recheneinheit 106 verbundene Anzeigeeinrichtung 107 dient zur Visualisierung der vom kapselförmigen Endoskopiegerät 200 gesendeten und von der Recheneinheit 106 aufbereiteten Bilddaten.

Dabei wird erfindungsgemäß eine Dreiseitenansicht angezeigt, die von der Recheneinheit 106 durch Berechnung virtueller Schnittbilder entlang von Schnitten parallel zu den drei orthogonalen Hauptebenen des menschlichen Körpers - „sagittal“ (Längsschnitt von vorn nach hinten), „koronal“ (Längsschnitt von links nach rechts) und/oder „transversal“ bzw. „axial“ (Querschnitt durch den menschlichen Körper) - generiert und in drei verschiedenen Kontrollfenstern 107a-c der Anzeigeein-

richtung 107 dargestellt wird. Weiterhin kann in einem vierten Kontrollfenster 107d der Anzeigeeinrichtung 107 die aufgenommene Bildsequenz in Form eines Videofilms in Echtzeit oder im schnellen Vorlauf abgespielt werden.

5

Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die über die Anzeigeeinrichtung 107 visualisierte pseudo-dreidimensionale Darstellung der Umgebung des Endoskopiegeräts 200 im Rahmen eines virtuellen Fly-Through-Modus durch Veränderung der Betrachtungsperspektive mit Hilfe von Steuersignalen eines Eingabegeräts (z.B. einer Computer-Maus oder eines Joysticks) inspiziert werden.

10

Patentansprüche

- 5 1. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren für ein mit einer Videokamera (204) ausgestattetes drahtloses, kapselförmiges Endoskopiegerät (200), aufweisend die folgenden Schritte:
- Aufnahme (S1) einer Sequenz von Einzelbildern der Umgebung des Endoskopiegeräts (200) und
 - 10 - drahtlose Übertragung (S2) der Bilddaten von dem Endoskopiegerät (200) zu einer Empfangs- (103, 108) und Auswerteeinrichtung (106),
- gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- Ausführung eines Mustererkennungsalgorithmus (S6) zur Identifizierung im Wesentlichen übereinstimmender Merkmale aufeinanderfolgender Einzelbilder einer aufgenommenen Bildsequenz und
 - 15 - Durchführung eines Bildaufbearbeitungsprozesses (S7) zur Konkatenation von Einzelbildern durch Zurdeckungbringung der identifizierten, im Wesentlichen übereinstimmenden Bildmerkmale, um somit eine pseudo-dreidimensionale Darstellung der Umgebung des Endoskopiegeräts (200) zu erzeugen.
 - 20
- 25 2. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet,
- dass bei jeder i -ten Aufnahme die Position des Endoskopiegeräts (200) erfasst und zusammen mit den Bilddaten an die
- 30 Empfangs- und Auswerteeinrichtung (100) gesendet und dort digital abgelegt wird, wobei i eine ganze Zahl größer oder gleich eins ist.

3. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
5 dass die Position und/oder Orientierung des kapselförmigen Endoskopiegeräts (200) erfasst und in die über eine Anzeigeeinrichtung (107) visualisierte pseudo-dreidimensionale Darstellung eingeblendet wird.
- 10 4. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass durch Navigation einer Positionsmarke in einem Kontrollfenster der auf einer Anzeigeeinrichtung (107) dargestellten
15 Bedienoberfläche eines Computerprogramms unterschiedliche Kameraperspektiven der Umgebung des Endoskopiegeräts dargestellt werden.
5. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach Anspruch 4,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Navigation durch Eingabeparameter, nämlich den Betrag der Vorschubbewegung in Bewegungsrichtung des kapselförmigen Endoskopiegeräts (200) sowie den Betrag der Rotationsbewegung um eine in Bewegungsrichtung weisende Achse erfolgt.
25
6. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
30 - Berechnung (S8) der Abstandskadrate ($d_{ij}^2 = d^2(\underline{x}_{Mi}, \underline{x}_{Rj})$)
zwischen den in Form N -dimensionaler Merkmalsvektoren (\underline{x}_{Mi}) gespeicherten Bildparametern aufgenommener Einzelbilder mit den in Form N -dimensionaler Referenzvektoren (\underline{x}_{Rj}) gespeicherten Bildparametern von Bildern krankhafter Gewebestruk-

turen aus einer Referenzbilddatenbank durch Berechnung des Quadrats der Euklidischen Länge ($\|\Delta \underline{x}_{ij}\|_2$) ihrer Differenzvektoren ($\Delta \underline{x}_{ij} = \underline{x}_{Mi} - \underline{x}_{Rj}$),

- 5 - Ermittlung (S9) der Referenzvektoren (\underline{x}_{Rj}) derjenigen Referenzbilder, deren Abstandskquadrate (d_{ij}^2) zu den jeweiligen Merkmalsvektoren (\underline{x}_{Mi}) der zu untersuchenden Einzelbilder minimal sind.

10 7. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die über die Anzeigeeinrichtung (107) visualisierte pseudo-dreidimensionale Darstellung der Umgebung des Endoskopiegeräts (200) im Rahmen einer virtuellen Endoskopie durch Veränderung der Betrachtungsperspektive mit Hilfe von Steuersignalen eines Eingabegeräts inspizierbar ist.

20 8. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Konkatenation zweier Einzelbilder (m, n) die von dem kapselförmigen Endoskopiegerät (200) zurückgelegte und mit einem Gewichtungsfaktor beaufschlagte Wegdifferenz ($\Delta \underline{x}_{m,n} = \underline{x}_n - \underline{x}_m$) zwischen den momentanen Aufnahmepositionen ($\underline{x}_m, \underline{x}_n$) des Geräts
25 zur Aufnahme der beiden Einzelbilder (m, n) verwendet wird.

30 9. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die momentanen Aufnahmepositionen ($\underline{x}_m, \underline{x}_n$) des kapselförmigen Endoskopiegeräts (200) durch Auswertung von Röntgenbildern ermittelt werden, in denen das Endoskopiegerät (200) zu erkennen ist.

10. Computergestütztes 3D-Bildgebungsverfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die momentanen Aufnahmepositionen ($\underline{x}_m, \underline{x}_n$) des kapselförmigen Endoskopiegeräts (200) durch Auswertung der Signallaufzeiten (T_m, T_n) der drahtlosen Bilddatenübertragung (S2) von dem Endoskopiegerät (200) zu der Empfangseinrichtung (103, 108) ermittelt werden.
11. Drahtloses Endoskopiegerät in Form einer schluckbaren Kapsel, bestehend aus
- einer integrierten Miniatur-Videokamera (204) zur Aufnahme (S1) einer Sequenz von Einzelbildern und
 - einem Sender (205) zur drahtlosen Übertragung (S2) von Bilddaten zu einer Empfangs- (103, 108) und Auswerteeinrichtung (106),
- gekennzeichnet durch
- einen in der Kapsel vorgesehenen Permanentmagneten (203), mittels dem bei Anlegen eines sich zeitlich verändernden externen Magnetfeldes (\vec{B}) das Endoskopiegeräts (200) aktiv drahtlos bewegt werden kann.
12. Medizintechnische Apparatur zur Aufnahme und Auswertung von Signalen eines kapselförmigen Endoskopiegeräts (200) aufweisend:
- ein Empfangsgerät (103, 108) zum drahtlosen Empfang von von einem kapselförmigen Endoskopiegerät (200) gesendeten Bildinformationen,
 - eine Recheneinheit (106) zur Dekodierung der vom kapselförmigen Endoskopiegerät (200) gesendeten Bilddaten und Durchführung eines Bildaufarbeitungsprozesses zur Erzeugung

einer pseudo-dreidimensionalen Darstellung empfangenen
Bildinformationen sowie

- eine Anzeigeeinrichtung (107) zur Visualisierung der aufbereiteten Bilddaten.

5

13. Medizintechnische Apparatur nach Anspruch 12,
gekennzeichnet durch

eine Magnetröhre (102) mit Feldspulen zur Erzeugung eines
stationären homogenen Magnetfeldes (\vec{B}_0) sowie je einer Gra-

- 10 dientenspule mit zugehörigem Gradientenverstärker (109) für
die drei kartesischen Raumkoordinaten x , y und z zur lokalen
Änderung dieses Magnetfeldes in $\pm x$ -, $\pm y$ - und/oder $\pm z$ -Rich-
tung.

- 15 14. Medizintechnische Apparatur nach einem der Ansprüche 12
oder 13,

gekennzeichnet durch

- eine verteilte Anordnung von Metallsensoren (104) zur Or-
tung von Metallteilen des kapselförmigen Endoskopiegeräts

20 (200) und

- einem mit der Sensoranordnung (104) verbundenen Messwert-
aufnehmer mit Transponder (105) als Schnittstelle zwischen
der Sensoranordnung (104) und der Recheneinheit (106).

Zusammenfassung

5 Bildgebungsverfahren für ein kapselförmiges Endoskopiegerät

Die Erfindung betrifft ein computerbasiertes 3D-Bildgebungsverfahren für ein mit einer Videokamera (204) ausgestattetes drahtloses Endoskopiegerät (200) von der Größe einer vom Patient
10 tienten schluckbaren Kapsel (201) sowie eine medizintechnische Apparatur (100) zur pseudo-dreidimensionalen Darstellung der Umgebung des Endoskopiegeräts (200).

Die von der Videokamera (204) aufgenommenen und drahtlos an
15 eine Empfangs- (103, 108) und Auswerteeinrichtung (106) übertragenen Bilder werden zunächst einem Mustererkennungsalgorithmus (S6) zur Identifizierung gemeinsamer Merkmale chronologisch aufeinanderfolgender Einzelbilder unterzogen. Zur Erzeugung einer pseudo-dreidimensionalen Darstellung werden
20 Einzelbilder, die räumlich zusammenhängende Strukturen zeigen, durch Zurdeckungbringung gemeinsamer Bildmerkmale im Rahmen eines Bildaufarbeitungsprozesses (S7) konkateniert.

(Fig. 1)

100

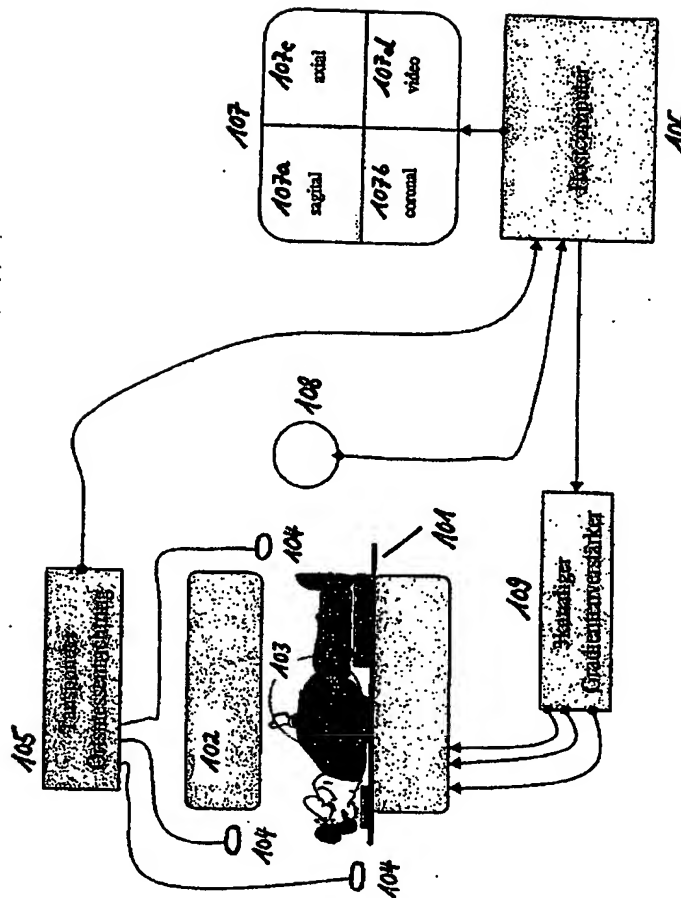


Fig. 1

200

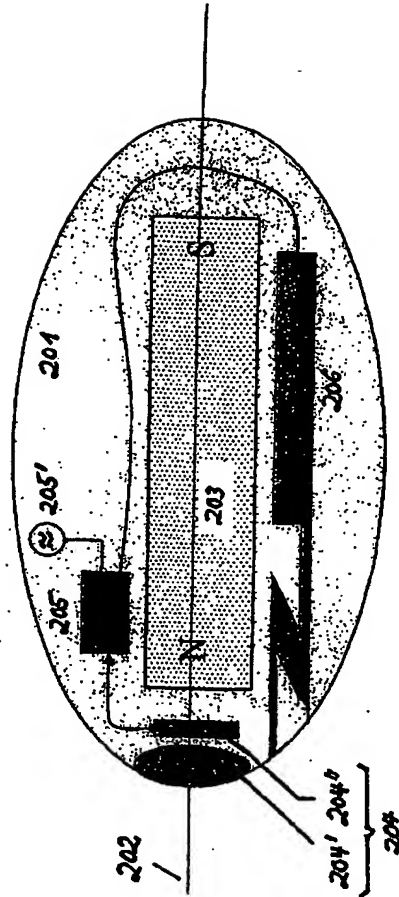


Fig. 2

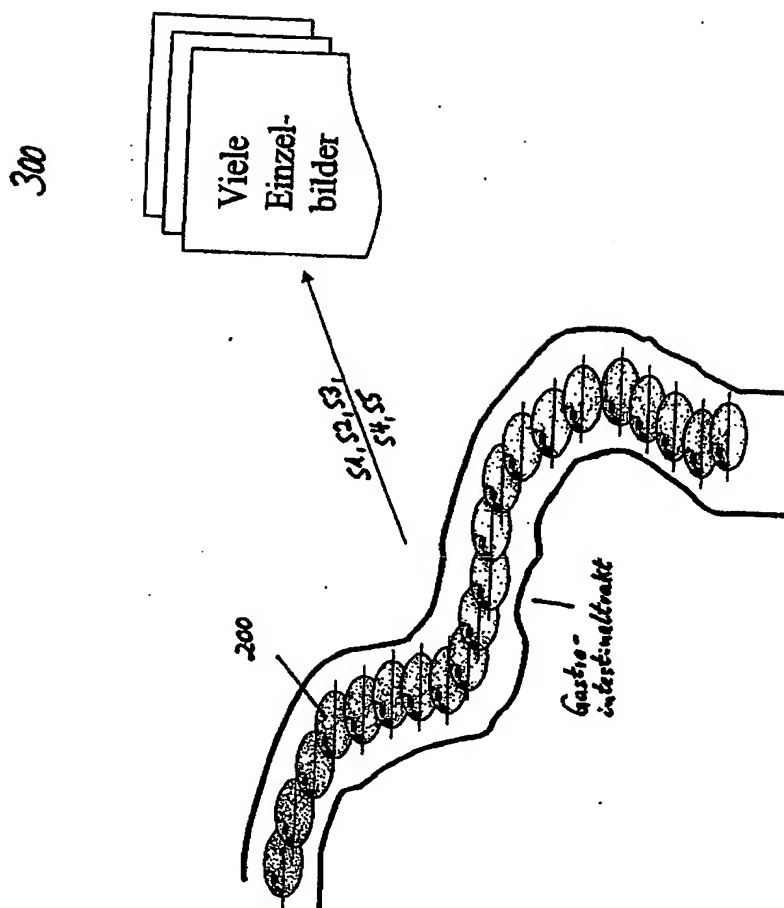
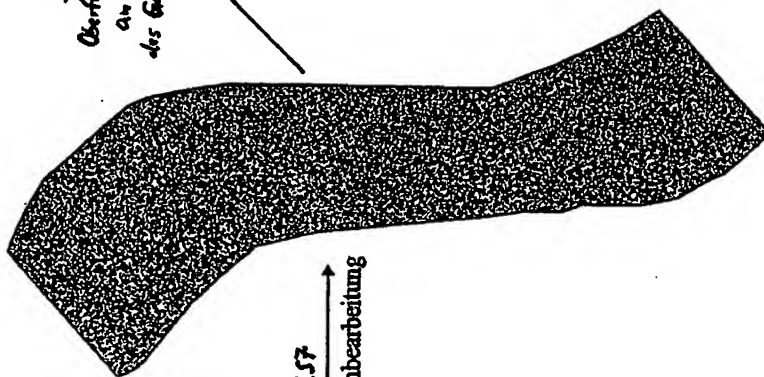


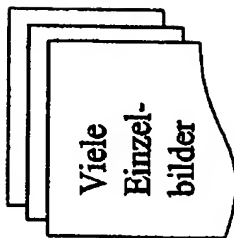
Fig. 3

400

Dreidimensionale
Oberfläche einer Gewebestruktur
an den Innenwänden
des Gastrointestinaltrakts



55, 57
Bildnachbearbeitung



Viele
Einzel-
bilder

Fig. 4